

限定充填工法による亜炭鉱廃坑の予防的防災工事の施工

飛島建設 正会員 ○豊田雅博、杉浦乾郎、坂本昭夫
飛島建設 正会員 和田幸二郎、宮沢義博

1. はじめに

岐阜県内における旧亜炭採掘区域において、亜炭鉱廃坑に起因する陥没被害が近年、大規模化・多発化している。地盤の脆弱性が大きい範囲では、今後想定される南海トラフ巨大地震により、大規模な陥没被害が生じる恐れがあり、防災、減災対策が急務である。これまでは、陥没被害発生時に特定鉱害復旧事業等基金を活用し、事後的に復旧工事を行うに留まってきた。しかし、近年の国土強靱化への要請を受け、平成25年度国補正予算にて「南海トラフ巨大地震亜炭鉱跡防災モデル事業」が認められ、岐阜県可児郡御嵩町では、同事業による予防的防災工事が可能となった。ここでは、限定充填工法により亜炭鉱跡を埋め戻した防災工事に関する報告を行う。

2. 限定充填工法の概要

限定充填工法は、図-1のように最初に流動性を制御した端部充填材で対象範囲の境界線上に隔壁を形成し、その後、内側に流動性の高い中詰充填材を注入する。これにより、対象とする空洞範囲を隅々まで充填でき、固化することで所定の強度も確保できる点が同工法の特徴である。主な配合、材料特性を表-1、表-2に示す。母材としての粘土キラ、砂キラは砂利工場等で発生する脱水ケーキである。なお、流動性の制御は水ガラスのゲル化作用を利用して行う。

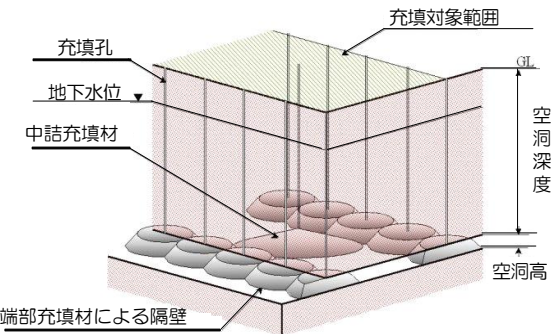


図-1 限定充填工法図

表-1 配合表

材 料	端部充填材	中詰充填材
粘土キラ	220	220
砂キラ	220	220
特殊用固化材	90	60
特殊水ガラス	48.8	-
水	765	815
単位:kg 材料1m ³ 当り		

表-2 材料特性

種別	流動特性	空洞内強度
端部充填材	テーブルフロー試験にて140～180mm	一軸圧縮強さ20kN/m ² 以上 (供試体は原位置採取)
中詰充填材	Pロート試験にて9～14秒	

3. 工事の概要

工事名:平成26年度南海トラフ巨大地震亜炭鉱跡防災モデル事業第1期防災工事

発注者:御嵩町

施工者:飛島・天野特定建設共同企業体

工期:平成26年9月26日～27年10月30日

施工対象面積:22,700m²

充填量(設計):端部充填材 9,937m³

中詰充填材 16,770m³、合計 26,707m³

充填孔(設計):137本



図-2 充填対象区域図

キーワード 限定充填工法、防災、空洞、陥没

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦一丁目5番11号名古屋伊藤忠ビル9階 飛島建設(株)名古屋支店
TEL 052-218-5764

充填対象区域(図-2)は、防災拠点となる町役場や主要避難場所である御嵩小学校、向陽中学校の敷地内にある地盤の脆弱性が高い区域で、これらの区域では震度 6 弱の地震によりただちに陥没する危険が予想されている。充填範囲は第 1 工区から第 5 工区までの 5 ブロックに分かれている。同地区のボーリング調査結果によれば、第 1、2 工区で空洞深さは 6m～16m、垂炭採掘高さは平均 2.3m で、このうち下部には採掘当時に坑内に残されたばたや天盤崩落土などと思われる堆積土砂が平均 1.5m の厚さに堆積し、その上には平均 0.8m の高さの完全な空洞があった。第 3、4、5 工区は、空洞深さは 9m～22m、垂炭採掘高さは平均 1.3m、堆積土砂は平均 0.2m、完全空洞は平均 1.1m であった。また、空洞内部は地下水の流入により満水の状態であった。各充填孔の配置は、これまでの試験施工や施工実績から、端部充填孔を 8m 間隔、中詰充填孔を 20m 間隔とした。ただし、中詰充填孔については、構造物に近接する箇所では充填圧力により構造物に影響を及ぼす恐れがあるため、充填孔間隔を 10m とした。空洞は北東から南西方向に向かって傾斜し、南西側の境界線を越えて広がっているため、傾斜下部側には端部充填材による隔壁を設け、充填材の流出防止を行った。

4. 施工方法

充填孔の設置には、ボーリングマシンで空洞まで削孔し $\phi 100\text{mm}$ の保孔管を設置する方法を採用した。また、端部充填材は、脱水ケーキ、水ガラス、水を練り混ぜたスラリー液(A 液)と、セメントミルク(B 液)を個々の配管で充填孔の位置まで圧送し、両液をスタティックミキサー(図-3)で連続的にミキシングしゲル化させ、空洞内に注入した。これにより、配管圧送性を確保しながら流動性を制御した。充填中は充填感知センサーを周囲の未充填の充填孔に挿入して、空洞内に注入した充填材の到達状況の確認(図-4)、筒先の充填圧力の確認、家屋に設置した傾斜計の変位および目視による周辺地盤の監視を総合的に行った。また施工後、26 箇所で確認ボーリングを行って充填材のコアを採取し、いずれの箇所においても空洞天盤に隙間がなく充填されていること、およびコアの一軸圧縮試験から目標強度を満足していることを確認した。

5. おわりに

最終的な充填量は、次の通りとなった。充填量：端部充填材 $5,779\text{m}^3$ 、中詰充填材 $8,100\text{m}^3$ 、合計 $13,879\text{m}^3$ 。当初設計に比べ充填量は約 52% となったが、充填孔設置工ボーリング結果を反映した計画充填量に対して端部充填は上回った。中詰充填は計画程度の充填となった。設計に対して充填量が下回った原因としては、充填範囲の減少、堆積物が当初設計より厚く、全体として平均空洞厚が小さくなっていること等が考えられる。

本工事における成果をまとめると、以下ようになる。

端部充填材で対象範囲の外側空洞への充填材の流出ロスを防止でき、また高い流動性の中詰充填材で空洞内に存在する残柱や壁、さらに空洞水や土砂が堆積する複雑な空洞も均質に埋め戻すことができた。このことから、巨大地震による空洞の崩壊を防ぐ手段として有効であると考えられ、予防的防災工事としての効果が期待できる。

なお、施工にあたり、垂炭鉱跡問題対策委員会、御嵩町、御嵩小学校、向陽中学校、および一般社団法人充填技術協会をはじめ関係各位に多大なるご指導・ご助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。



図-3 充填箇所：スタティックミキサー



図-4 充填センサー